Hardness

Although hardness may have significant aesthetic effects, a maximum acceptable level has not been established because public acceptance of hardness may vary considerably according to the local conditions. Water supplies with a hardness greater than 200 mg/L are considered poor but have been tolerated by consumers; those in excess of 500 mg/L are unacceptable for most domestic purposes. Because water softening by sodium ion exchange may introduce undesirably high quantities of sodium into drinking water, it is recommended that where such a process is employed, a separate unsoftened supply be retained for drinking and culinary purposes.

General

Water hardness is a traditional measure of the capacity of water to react with soap. Hard water requires a considerable amount of soap to produce a lather, and it also leads to scaling of hot water pipes, boilers and other household appliances. Water hardness is caused by dissolved polyvalent metallic ions. In fresh waters, the principal hardness-causing ions are calcium and magnesium; strontium, iron, barium and manganese ions also contribute.[1] Hardness can be measured by the reaction of polyvalent metallic ions in a water sample with a chelating agent such as ethylenediaminetetra-acetic acid (EDTA) and is commonly expressed as an equivalent concentration of calcium carbonate.[1,2] Hardness can also be estimated by determining the concentrations of the individual components of hardness and expressing their sum in terms of an equivalent quantity of calcium carbonate. The degree of hardness of drinking water may be classified in terms of its calcium carbonate concentration as follows: soft, 0 to <60 mg/L; medium hard, 60 to <120 mg/L; hard, 120 to <180 mg/L; and very hard, 180 mg/L and above.[3–5]

Although hardness is caused by cations, it is often discussed in terms of carbonate (temporary) and non-carbonate (permanent) hardness.[4] Carbonate hardness refers to the amount of carbonates and bicarbonates that can be removed or precipitated from solution by boiling. This type of hardness is responsible for the deposition of scale in hot water pipes and tea kettles. Non-carbonate hardness is caused by the association of the hardness-causing cations with sulphates, chlorides and nitrates. It is also referred to as "permanent hardness" because it cannot be removed by boiling.

Alkalinity, an index of the buffering capacity of water, is closely linked to hardness. For the most part, alkalinity is produced by anions or molecular species of weak acids, mainly hydroxide, bicarbonate and carbonate; other species such as borates, phosphates, silicates and organic acids may also contribute to a small degree. Although numerous solute species may contribute to the alkalinity of water, alkalinity is expressed in terms of an equivalent quantity of calcium carbonate. As the alkalinity of most Canadian surface waters is due to the presence of carbonates and bicarbonates, their alkalinity is close to their hardness.[5]

Sources and Levels of Hardness

The principal natural sources of hardness in water are sedimentary rocks and seepage and runoff from soils. In general, hard waters originate in areas with thick topsoil and limestone formations.[4] Groundwater is generally harder than surface water. Groundwater rich in carbonic acid and dissolved oxygen usually has a high solvating power; in contacting soil or rocks containing appreciable amounts of minerals, such as calcite, gypsum and dolomite, hardness levels up to several thousand milligrams per litre can result.[4,6]

The two main industrial sources of hardness are the inorganic chemical and mining industries.[4,7] Industrial sources of calcium and magnesium have been briefly discussed in the calcium and magnesium reviews.

In a national survey of Canadian surface waters, conducted over the period 1975 to 1977, average hardness levels computed for each station were found to range as follows: British Columbia, 7 to 180 mg/L; Northwest Territories, 5 to 179 mg/L; Alberta, 98 to 329 mg/L; Saskatchewan, 12 to 132 mg/L; and Manitoba, 15 to 716 mg/L. Hardness levels in the Maritime provinces were not monitored.[8] Waters in the upper Great Lakes had hardness levels ranging from 40 to 80 mg/L.[9] Ontario lakes and streams showed a very broad range in hardness levels; levels from 2 to 1803 mg/L were reported, but most were between 40 and 200 mg/L.[10] In a review of national water quality, 41 locations were chosen as representative of Canadian waters. The median of the values measured at each

101-02093/

station rarely exceeded 120 mg/L, except in the Nelson–Saskatchewan and Mississippi basins. The waters of these river systems are considered to be hard, as most hardness levels exceed 180 mg/L. None of the median concentrations for these 41 stations exceeded 500 mg/L.[3]

A survey of municipal water supplies in Canada showed that half of all Canadian municipalities had hardness levels below 80 mg/L, and 20% had levels greater than 180 mg/L.[11] Only in the Prairie provinces and Ontario did levels appreciably exceed 180 mg/L. In Ontario, the hardness of drinking water from surface sources ranged from 3.7 to 296 mg/L, with an average of 95 mg/L; the hardness of groundwater supplies was higher, and levels ranged from 40 to 1300 mg/L, with an average of 294 mg/L.[12,13] In a recent survey of 525 municipalities throughout Canada, only 17 cities had drinking water hardness levels above 500 mg/L.[14] These cities were in Ontario and Saskatchewan.

Health Considerations

The cations that are the major contributors to hardness — calcium and magnesium — are not of direct public health concern. These parameters are discussed further in separate reviews.

A number of epidemiological investigations, including ones in Canada,[11,15,16] England,[17–24] Australia[25] and the United States,[26–30] have suggested that there is an inverse statistical correlation between drinking water hardness and certain types of cardiovascular disease. Other workers [1,31–35] have reported that significant correlations cannot be demonstrated. No conclusions can be made, therefore.

A number of other studies have been undertaken to determine if there are any relationships between drinking water hardness and other diseases, including cancer.[21,23,26,29,34] Again, inverse correlations have been reported, but the significance of these data is debatable.

Domestic water supplies are often softened by the addition of lime and soda ash or the use of ion exchange zeolite. Water softening can result in the addition of high levels of sodium to the water,[20] particularly where certain ion exchange processes are employed. Although a direct relationship between sodium and hypertension has not been established in humans (see review of sodium), it is considered advisable to avoid the unnecessary addition of sodium to drinking water. A World Health Organization working group on sodium in drinking water has recently recommended that "trends towards unnecessary sodium in water supplies should be discouraged."[36] It is therefore recommended that where water softening by ion exchange is considered necessary, a separate unsoftened water supply be retained for drinking and culinary purposes.

Other Considerations

Soft water can lead to corrosion of pipes,[30,37] and, consequently, certain heavy metals such as copper, zinc, lead and cadmium may be present in the distributed water.[38–41] The degree to which this occurs is also a function of pH, alkalinity and dissolved oxygen concentration (see also review of pH). In some communities, corrosion is so severe that the water must be treated.[42]

In areas with hard water, household pipes can become clogged with scale [43]; hard waters also cause incrustations on kitchen utensils and increase soap consumption. Hard water is thus both a nuisance and an economic burden to the consumer. Public acceptance of hardness varies among communities; it is often related to the hardness to which the consumer has become accustomed, and in many communities hardness greater than 200 mg/L is tolerated. It has been suggested that a hardness level of 80 to 100 mg/L (as $CaCO_3$) provides an acceptable balance between corrosion and incrustation.[44]

Conclusion

1. Hard water causes incrustation in distribution systems and excessive soap consumption; soft water may result in corrosion of water pipes. Public acceptability of the degree of hardness may vary considerably from community to community depending on local conditions. Therefore, a maximum acceptable level for hardness cannot be specified.

2. Hardness levels between 80 and 100 mg/L (as $CaCO_3$) are generally considered to provide an acceptable balance between corrosion and incrustation. Waters with hardness levels in excess of 200 mg/L are considered poor but have been tolerated by consumers. Waters with hardness in excess of 500 mg/L are unacceptable for most domestic purposes.

Recommendation

Where softening by ion exchange is considered necessary, it is recommended that a separate unsoftened water supply be retained for drinking and culinary purposes.

References

1. U.S. Environmental Protection Agency. Quality criteria for water. Office of Water and Hazardous Materials Rep. EPA-440/9-76-023, Washington, DC, July (1976).

2. Sekerka, I. and Lechner, J.F. Simultaneous determination of total non-carbonate and carbonate water hardness by direct potentiometry. Talanta, 22: 459 (1975).

3. Environment Canada. Surface water quality in Canada — an overview. Water Quality Branch, Inland Waters Directorate (1977).

4. Sawyer, C.N. and McCarty, P.L. Chemistry for sanitary engineers. 2nd edition. McGraw-Hill Series in Sanitary Science and Water Resources Engineering, McGraw-Hill, Toronto (1967).

5. Thomas, J.F.J. Industrial water resources of Canada. Water Survey Rep. No. 1. Scope, procedure, and interpretation of survey studies. Queen's Printer, Ottawa (1953).

6. De Fulvio, S. and Olori, L. Definitions and classification of naturally soft and naturally hard waters. Chemical and physical characteristics of the water in some member states of the European community. In: Hardness of drinking water and public health. Proceedings of the European Scientific Colloquium, Luxembourg, 1975. R. Amavis, W.J. Hunter and J.G.P.M. Smeets (eds.). Pergamon for the Commission of the European Communities, New York, NY. p. 95 (1976).

7. Biesecker, J.E. and George, J.R. Stream quality in Appalachia as related to coal-mine drainage, 1965. In: Water quality in a stressed environment: readings in environmental hydrology. W.A. Pettyjohn (ed.). Burgess Publishing Company, Minneapolis, MN (1972).

8. National Water Quality Data Bank. Inland Waters Directorate, Water Quality Branch, Environment Canada (1977).

9. Upper Lakes Reference Group. The waters of Lake Huron and Lake Superior. Vol. 1. Summary and recommendations. Report to the International Joint Commission (1977).

10. Ontario Ministry of the Environment. Water quality data, Ontario lakes and streams 1974. Vol. IX. Water Resources Branch (1974).

11. Neri, L.C., Hewitt, D. and Mandel, J.S. Relation between mortality and water hardness in Canada. Lancet, i: 931 (1972).

12. Overment, W. (ed.). 1977/78 directory and environmental handbook. Water Pollut. Control, 115: 10 (1977).

13. Ontario Ministry of the Environment. Operating summary, water supply systems 1976. Municipal and Private Section, Pollution Control Branch (1976).

14. Johansen, H. Personal communication. Bureau of Epidemiology, Health and Welfare Canada.

15. Anderson, T.W., Neri, L.C., Schreiber, G.B., Talbot, F.D.F. and Zdrojewski, A. Ischemic heart disease, water hardness and myocardial magnesium. J. Can. Med. Assoc., 113: 199 (1975).

16. Anderson, T.W., Riche, W.H. and MacKay, J.S. Sudden death and ischemic heart disease. New Engl. J. Med., 280(15): 805 (1969).

17. Crawford, T. and Crawford, M.D. Prevalence and pathological changes of ischaemic heart-disease in a hard-water and in a soft-water area. Lancet, i: 7484 (1967).

18. Shaper, A.G., Clayton, D.G. and Morris, J.N. The hardness of water supplies and cardiovascular disease. Proceedings of the International Water Supply Association, Brighton, U.K. (1974), cited in reference 30.

19. Shaper, A.G. Water hardness and cardiovascular disease. Water Research Centre, Medmenham, U.K. (1975), cited in reference 30.

20. Crawford, M.D. Hardness of drinking water and cardiovascular disease. Proc. Nutr. Soc., 31(3): 346 (1972).

21. McCabe, L.J. The correlation of drinking water quality and vascular disease. Paper presented at the Conference on Cardiovascular Disease Epidemiology, Chicago, IL, February (1963), cited in reference 39.

22. Crawford, M., Clayton, D.G., Stanley, F. and Shaper, A.G. An epidemiological study of sudden death in hard and soft water areas. J. Chronic Dis., 30: 69 (1977).

23. Crawford, M., Gardner, M.J. and Morris, J.N. Mortality and hardness of local water supplies. Lancet, i: 827 (1968).

24. Stitt, F.W., Crawford, M.D., Clayton, D.G. and Morris, J.N. Clinical and biochemical indicators among men living in hard and soft water areas. Lancet, i: 122 (1973).

25. Lyster, W.R. The records of Brisbane water supply and seasonality in local deaths. Int. J. Environ. Stud., 3: 329 (1972).

26. Schroeder, H.A. Relation between mortality from cardiovascular disease and treated water supplies. Variation in states and 163 largest municipalities. J. Am. Med. Assoc., 172: 1902 (1960).

27. Schroeder, H.A. Municipal drinking water and cardiovascular death rates. J. Am. Med. Assoc., 195: 125 (1966).

28. Voors, A.W. Minerals in municipal water and atherosclerotic heart death. Am. J. Epidemiol., 93: 259 (1970).

29. Sauer, H.I. Relationship between trace element content of the drinking water and chronic diseases, observed effects of trace elements in drinking water on human health. Presented at the 16th Water Quality Conference, University of Illinois, Urbana, IL (1974), cited in reference 39.

30. Hudson, H.E., Jr., and Gilcreas, F.W. Health and economic aspects of water hardness and corrosiveness. J. Am. Water Works Assoc., 68: 201 (1976).

31. Allwright, S.P.A., Coulson, A. and Detels, R. Mortality and water hardness in three matched communities in Los Angeles. Lancet, ii: 860 (1974).

32. Comstock, G.W. Fatal arteriosclerotic heart disease, water hardness at home, and socioeconomic characteristics. Am. J. Epidemiol., 94: 1 (1971).

33. Tuthill, R.W. Explaining variations in cardiovascular disease mortality within a soft water area. Office of Water Research and Technology, Division of Public Health, U.S. Department of Commerce, U7710 PB-263 482/2S1 (1976).

34. Stocks, P. Mortality from cancer and cardiovascular disease in the country boroughs of England and Wales classified according to sources and hardness of their water supplies, 1958–1967. J. Hyg., 71: 237 (1973).

35. Meyers, D. Mortality and water hardness. Lancet, i: 398 (1975).

36. World Health Organization. Summary report of the Working Group on Sodium, Chlorides, and Conductivity in Drinking Water. The Hague (1978).

37. Larson, T.E. Deterioration of water quality in distribution systems. J. Am. Water Works Assoc., 58: 1307 (1966).

38. Neri, L.C. Some data from Canada. In: Hardness of drinking water and public health. Proceedings of the European Scientific Colloquium, Luxembourg, 1975. R. Amavis, W.J. Hunter and J.G.P.M. Smeets (eds.). Pergamon for the Commission of the European Communities, New York, NY. p. 343 (1976).

39. Sharrett, A.R. and Feinleib, M. Water constituents and trace elements in relation to cardiovascular diseases. Prev. Med., 4: 20 (1975).

40. Craun, G.F. and McCabe, L.J. Problems associated with metals in drinking water. J. Am. Water Works Assoc., 67: 593 (1975).

41. Neri, L.C. and Hewitt, D. Review and implications of ongoing and projected research outside the European communities. In: Hardness of drinking water and public health. Proceedings of the European Scientific Colloquium, Luxembourg, 1975. R. Amavis, W.J. Hunter and J.G.P.M. Smeets (eds.). Pergamon for the Commission of the European Communities, New York, NY. p. 443 (1976).

42. Mullen, E.D. and Ritter, J.A. Potable-water corrosion control. J. Am. Water Works Assoc., 66: 473 (1974).

43. Coleman, R.L. Potential public health aspects of trace elements and drinking water quality. Ann. Okla. Acad. Sci., 5: 57 (1976).

44. Bean, E.L. Quality goals for potable water. J. Am. Water Works Assoc., 60: 1317 (1968).

La dureté

Bien que la dureté puisse avoir sur l'eau des effets d'ordre esthétique ou organoleptique, on n'a pas fixé de concentration maximale acceptable car la tolérance du public à l'égard de la dureté peut varier considérablement selon les conditions locales. Une eau dont la dureté est supérieure à 200 mg/L est considérée comme médiocre, mais elle est tolérée par les consommateurs; les eaux dont la dureté est supérieure à 500 mg/L sont inacceptables pour la plupart des usages domestiques. Étant donné que l'adoucissement de l'eau par échange d'ions sodium peut introduire des quantités considérables de sodium dans l'eau potable, on recommande, dans les cas où ce procédé est utilisé, d'assurer un approvisionnement distinct d'eau non adoucie qui servira d'eau de boisson et sera utilisée pour les usages culinaires.

Généralités

La dureté de l'eau sert traditionnellement à mesurer le pouvoir de réaction de l'eau avec le savon. L'eau dure a besoin d'une quantité considérable de savon pour produire de la mousse; par ailleurs, elle provoque également l'entartrage des canalisations d'eau chaude, des chaudières et des appareils ménagers. La dureté de l'eau est due aux ions métalliques polyvalents dissous. Dans l'eau douce, les principaux ions responsables de la dureté sont les ions calcium et magnésium; les ions strontium, fer, baryum et manganèse y contribuent également.[1] La dureté peut être mesurée par la réaction des ions métalliques polyvalents d'un échantillon d'eau avec un chélateur comme l'acide éthylènediaminetétraacétique (EDTA) et est exprimée en concentration équivalente de carbonate de calcium.[1,2] On peut également évaluer la dureté de l'eau en déterminant séparément la concentration de chaque élément de la dureté et en exprimant leur somme en quantité équivalente de carbonate de calcium. Le degré de dureté de l'eau potable peut être classé comme suit, en fonction de la concentration de carbonate de calcium ($CaCO_3$) : eau douce, de 0 à <60 mg/L; eau modérément dure, de 60 à <120 mg/L; eau dure, de 120 à <180 mg/L; eau très dure, 180 mg/L et plus.[3-5]

Même si la dureté est causée par des cations, on parle souvent de dureté carbonatée (temporaire) et de dureté non carbonatée (permanente).[4] La dureté carbonatée concerne la quantité de carbonates et de bicarbonates qui peut être éliminée ou précipitée par ébullition. Ce type de dureté est responsable de l'entartrage des canalisations d'eau chaude et des bouilloires. La dureté non carbonatée est due à l'association des cations responsables de la dureté avec les sulfates, les chlorures et les nitrates. On l'appelle également «dureté permanente», car elle ne peut être éliminée par ébullition.

L'alcalinité, indice du pouvoir tampon de l'eau, est étroitement liée à la dureté. L'alcalinité est produite en majeure partie par des anions ou des espèces moléculaires d'acides faibles, principalement l'hydroxyde, le bicarbonate et le carbonate; d'autres espèces, comme les borates, les phosphates, les silicates et les acides organiques, peuvent également y contribuer dans une certaine mesure. Bien que de nombreuses espèces de solutés puissent contribuer à l'alcalinité de l'eau, l'alcalinité est exprimée en quantité équivalente de carbonate de calcium. Comme l'alcalinité de la plupart des eaux de surface au Canada est due à la présence de carbonates et de bicarbonates, elle se rapproche de leur dureté.[5]

Causes et degrés de la dureté

Les principales sources naturelles de la dureté de l'eau sont les roches sédimentaires ainsi que l'infiltration dans le sol et le ruissellement. En général, les eaux dures proviennent de régions où la couche arable est épaisse et où les roches sont calcaires.[4] L'eau souterraine est généralement plus dure que l'eau de surface. L'eau souterraine riche en acide carbonique et en oxygène dissous a ordinairement un grand pouvoir dissolvant; au contact de sols ou de roches contenant des quantités appréciables de minéraux comme la calcite, le gypse et la dolomite, l'eau peut acquérir une dureté de plusieurs milliers de milligrammes au litre.[4,6]

Les industries de produits chimiques inorganiques et les industries minières représentent les deux principales sources industrielles de la dureté de l'eau.[4,7] On a traité brièvement des sources industrielles de calcium et de magnésium dans les documents portant sur ces derniers éléments.

Au cours d'une étude nationale portant sur les eaux de surface au Canada, effectuée de 1975 à 1977, on a

relevé les valeurs moyennes suivantes : Colombie-Britannique, 7 à 180 mg/L; Territoires du Nord-Ouest, 5 à 179 mg/L; Alberta, 98 à 329 mg/L; Saskatchewan, 12 à 132 mg/L; Manitoba, 15 à 716 mg/L. Les degrés de dureté de l'eau dans les provinces maritimes n'ont pas été enregistrés.[8] Les eaux de la partie supérieure des Grands Lacs avaient une dureté variant de 40 à 80 mg/L.[9] La dureté des lacs et rivières de l'Ontario variait considérablement; on a enregistré des duretés variant de 2 à 1 803 mg/L, mais, dans la plupart des cours d'eau, la dureté variait de 40 à 200 mg/L.[10] On a effectué une étude portant sur la qualité de l'eau au pays, en se basant sur 41 endroits représentatifs. Les valeurs moyennes enregistrées à chaque station dépassaient rarement 120 mg/L, sauf dans les bassins du Nelson-Saskatchewan et du Mississippi. L'eau de ces fleuves est considérée comme dure, puisque la plupart des valeurs enregistrées dépassaient 180 mg/L en $CaCO_3$. Dans les 41 stations, aucune concentration moyenne n'était supérieure à 500 mg/L.[3]

Un relevé des réseaux d'aqueduc du Canada révèle que la moitié de toutes les municipalités canadiennes ont une eau dont la dureté est inférieure à 80 mg/L et que 20 % ont une eau dont la dureté est supérieure à 180 mg/L.[11] Les concentrations n'étaient de beaucoup supérieures à 180 mg/L que dans les provinces des Prairies et en Ontario. En Ontario, la dureté de l'eau potable provenant de sources de surface variait entre 3,7 et 296 mg/L (dureté moyenne : 95 mg/L); la dureté des eaux souterraines était plus élevée, les concentrations variant entre 40 et 1 300 mg/L (dureté moyenne : 294 mg/L).[12,13] Un relevé récent effectué dans 525 municipalités du Canada a révélé que 17 villes seulement avaient une eau dont la dureté était supérieure à 500 mg/L.[14] Il s'agissait de villes de l'Ontario et de la Saskatchewan.

Répercussions sur la santé

Les principaux cations responsables de la dureté de l'eau, le calcium et le magnésium, ne constituent pas une menance directe pour la santé publique. Ces paramètres sont abordés plus en détail dans des documents distincts.

Un certain nombre d'études épidémiologiques effectuées au Canada,[11,15,16] en Angleterre,[17-24] en Australie[25] et aux États-Unis[26-30] indiquent qu'il existe une corrélation statistique inverse entre la dureté de l'eau potable et certains types de maladies cardio-vasculaires. D'autres chercheurs[1,31-35] prétendent qu'on ne peut pas établir là-dessus de corrélations importantes. On ne peut donc pas tirer de conclusions.

Plusieurs autres études ont été entreprises afin de déterminer s'il existe un rapport entre la dureté de l'eau potable et d'autres maladies, notamment le cancer.[21,23,26,29,34] On a de nouveau établi des corrélations inverses, mais l'importance de ces données est discutable.

Les approvisionnements en eau domestique sont souvent adoucis par l'addition de chaux et de bicarbonate de soude ou par l'utilisation de zéolites. En ajoutant de fortes concentrations de sodium,[20] on peut adoucir l'eau, surtout si on utilise un procédé faisant appel à des échanges d'ions. Bien qu'on n'ait pas établi de rapport direct entre le sodium et l'hypertension chez l'homme (voir le document relatif au sodium), il est préférable de ne pas ajouter inutilement de sodium à l'eau potable. Un groupe de travail de l'OMS qui effectue des recherches sur le sodium dans l'eau potable a recommandé récemment qu'on déconseille l'utilisation abusive du sodium dans les approvisionnement en eau.[36] On recommande donc, là où il y a nécessité d'adoucir l'eau par des échanges d'ions, d'assurer une distribution distincte d'eau non adoucie qui servira d'eau de boisson et que l'on utilisera pour les usages culinaires.

Autres considérations

L'eau douce peut corroder les canalisations;[30,37] en conséquence, certains métaux lourds comme le cuivre, le zinc, le plomb et le cadmium peuvent se retrouver dans l'eau du réseau de distribution.[38-41] Ce phénomène est également fonction du pH, de l'alcalinité et de la concentration d'oxygène dissous (voir aussi le document concernant le pH). Dans certaines villes, la corrosion est tellement importante que l'eau doit être traitée.[42]

Dans les régions où l'eau est dure, les canalisations domestiques peuvent être colmatées par l'entartrage;[43] les eaux dures entartrent également les ustensiles de cuisine et augmentent la consommation de savon. L'eau dure est donc à la fois un désagrément et un fardeau économique pour le consommateur. La dureté acceptable par le public varie selon les villes; elle est souvent liée au degré de dureté auquel le consommateur est habitué : dans de nombreuses villes, on tolère une dureté supérieure à 200 mg/L. On prétend qu'une dureté comprise entre 80 et 100 mg/L de $CaCO_3$ assure un équilibre acceptable entre la corrosion et l'entartrage.[44]

Conclusion

1. L'eau dure entraîne l'entartrage des réseaux de distribution et une consommation excessive de savon; l'eau douce peut provoquer la corrosion des canalisations. La dureté acceptable par le public peut varier considérablement d'une ville à l'autre, selon les conditions locales. On ne peut donc pas fixer de concentration maximale acceptable quant à la dureté.

2. On considère généralement qu'une dureté comprise entre 80 et 100 mg/L (en $CaCO_3$) assure un équilibre acceptable entre la corrosion et l'entartrage. Une eau dont le degré de dureté est supérieur à

200 mg/L est considérée comme étant de qualité médiocre, mais elle est tolérée par les consommateurs. Les eaux dont la dureté est supérieure à 500 mg/L sont inacceptables pour la plupart des usages domestiques.

Recommandation

Lorsque l'adoucissement par échange d'ions est jugé nécessaire, on recommande d'assurer une alimentation distincte d'eau non adoucie pour l'eau de boisson et les usages culinaires.

Références bibliographiques

1. U.S. Environmental Protection Agency. Quality criteria for water. Office of Water and Hazardous Materials Rep. EPA-440/9-76-023, Washington, DC, juillet (1976).

2. Sekerka, I. et Lechner, J.F. Simultaneous determination of total non-carbonate and carbonate water hardness by direct potentiometry. Talanta, 22 : 459 (1975).

3. Environnement Canada. Qualité des eaux de surface au Canada — Un aperçu. Direction de la qualité des eaux, Direction générale des eaux intérieures (1977).

4. Sawyer, C.N. et McCarty, P.L. Chemistry for sanitary engineers. 2e édition. McGraw-Hill Series in Sanitary Science and Water Resources Engineering, McGraw-Hill, Toronto (1967).

5. Thomas, J.F.J. Industrial water resources of Canada. Water Survey Rep. No. 1. Scope, procedure, and interpretation of survey studies. Imprimeur de la Reine, Ottawa (1953).

6. De Fulvio, S. et Olori, L. Definitions and classification of naturally soft and naturally hard waters. Chemical and physical characteristics of the water in some member states of the European community. Dans : Hardness of drinking water and public health. Proceedings of the European Scientific Colloquium, Luxembourg, 1975. R. Amavis, W.J. Hunter et J.G.P.M. Smeets (dir. de publ.). Pergamon for the Commission of the European Communities, New York, NY. p. 95 (1976).

7. Biesecker, J.E. et George, J.R. Stream quality in Appalachia as related to coal-mine drainage, 1965. Dans : Water quality in a stressed environment: readings in environmental hydrology. W.A. Pettyjohn (dir. de publ.). Burgess Publishing Company, Minneapolis, MN (1972).

8. Banque nationale de données sur la qualité de l'eau (NAQUADAT), Direction générale des eaux intérieures, Direction de la qualité des eaux, Environnement Canada (1977).

9. Upper Lakes Reference Group. The waters of Lake Huron and Lake Superior. Vol. 1. Summary and recommendations. Report to the International Joint Commission (1977).

10. Ministère de l'Environment de l'Ontario. Water quality data. Ontario lakes and streams 1974. Vol. IX. Water Resources Branch (1974).

11. Neri, L.C., Hewitt, D. et Mandel, J.S. Relation between mortality and water hardness in Canada. Lancet, i : 931 (1972).

12. Overment, W. (dir. de publ.). 1977/78 directory and environmental handbook. Water Pollut. Control, 115 : 10 (1977).

13. Ministère de l'Environment de l'Ontario. Operating summary, water supply systems 1976. Municipal and Private Section, Pollution Control Branch (1976).

14. Johansen, H. Communication personnelle. Bureau de l'épidémiologie, Santé et Bien-Être Canada.

15. Anderson, T.W., Neri, L.C., Schreiber, G.B., Talbot, F.D.F. et Zdrojewski, A. Ischemic heart disease, water hardness and myocardial magnesium. J. Can. Med. Assoc., 113 : 199 (1975).

16. Anderson, T.W., Riche, W.H. et MacKay, J.S. Sudden death and ischemic heart disease. New Engl. J. Med., 280(15) : 805 (1969).

17. Crawford, T. et Crawford, M.D. Prevalence and pathological changes of ischaemic heart-disease in a hard-water and in a soft-water area. Lancet, i : 7484 (1967).

18. Shaper, A.G., Clayton, D.G. et Morris, J.N. The hardness of water supplies and cardiovascular disease. Proceedings of the International Water Supply Association, Brighton, U.K. (1974). Cité à la référence 30.

19. Shaper, A.G. Water hardness and cardiovascular disease. Water Research Centre, Medmenham, U.K. (1975). Cité à la référence 30.

20. Crawford, M.D. Hardness of drinking water and cardiovascular disease. Proc. Nutr. Soc., 31(3) : 346 (1972).

21. McCabe, L.J. The correlation of drinking water quality and vascular disease. Communication présentée à la Conference on Cardiovascular Disease Epidemiology, Chicago, IL, février (1963). Cité à la référence 39.

22. Crawford, M., Clayton, D.G., Stanley, F. et Shaper, A.G. An epidemiological study of sudden death in hard and soft water areas. J. Chronic Dis., 30 : 69 (1977).

23. Crawford, M., Gardner, M.J. et Morris, J.N. Mortality and hardness of local water supplies. Lancet, i : 827 (1968).

24. Stitt, F.W., Crawford, M.D., Clayton, D.G. et Morris, J.N. Clinical and biochemical indicators among men living in hard and soft water areas. Lancet, i : 122 (1973).

25. Lyster, W.R. The records of Brisbane water supply and seasonality in local deaths. Int. J. Environ. Stud., 3 : 329 (1972).

26. Schroeder, H.A. Relation between mortality from cardiovascular disease and treated water supplies. Variation in states and 163 largest municipalities. J. Am. Med. Assoc., 172 : 1902 (1960).

27. Schroeder, H.A. Municipal drinking water and cardiovascular death rates. J. Am. Med. Assoc., 195 : 125 (1966).

28. Voors, A.W. Minerals in municipal water and atherosclerotic heart death. Am. J. Epidemiol., 93 : 259 (1970).

29. Sauer, H.I. Relationship between trace element content of the drinking water and chronic diseases, observed effects of trace elements in drinking water on human health. Communication présentée à la 16th Water Quality Conference, University of Illinois, Urbana, IL (1974). Cité à la référence 39.

30. Hudson, H.E., Jr., et Gilcreas, F.W. Health and economic aspects of water hardness and corrosiveness. J. Am. Water Works Assoc., 68 : 201 (1976).

31. Allwright, S.P.A., Coulson, A. et Detels, R. Mortality and water hardness in three matched communities in Los Angeles. Lancet, ii : 860 (1974).

32. Comstock, G.W. Fatal arteriosclerotic heart disease, water hardness at home, and socioeconomic characteristics. Am. J. Epidemiol., 94 : 1 (1971).

33. Tuthill, R.W. Explaining variations in cardiovascular disease mortality within a soft water area. Office of Water Research and Technology, Division of Public Health, U.S. Department of Commerce, U7710 PB-263 482/2S1 (1976).

34. Stocks, P. Mortality from cancer and cardiovascular disease in the country boroughs of England and Wales classified according to sources and hardness of their water supplies, 1958–1967. J. Hyg., 71 : 237 (1973).

35. Meyers, D. Mortality and water hardness. Lancet, i : 398 (1975).

36. Organisation mondiale de la Santé. Eaux de boisson : teneur en sodium, teneur en chlorures et conductivité. Rapport sur la réunion d'un groupe de travail de l'OMS. La Haye, 1er – 5 mai, 1978.

37. Larson, T.E. Deterioration of water quality in distribution systems. J. Am. Water Works Assoc., 58 : 1307 (1966).

38. Neri, L.C. Some data from Canada. Dans : Hardness of drinking water and public health. Proceedings of the European Scientific Colloquium, Luxembourg, 1975. R. Amavis, W.J. Hunter et J.G.P.M. Smeets (dir. de publ.). Pergamon for the Commission of the European Communities, New York, NY. p. 343 (1976).

39. Sharrett, A.R. et Feinleib, M. Water constituents and trace elements in relation to cardiovascular diseases. Prev. Med., 4 : 20 (1975).

40. Craun, G.F. et McCabe, L.J. Problems associated with metals in drinking water. J. Am. Water Works Assoc., 67 : 593 (1975).

41. Neri, L.C. et Hewitt, D. Review and implications of ongoing and projected research outside the European communities. Dans : Hardness of drinking water and public health. Proceedings of the European Scientific Colloquium, Luxembourg, 1975. R. Amavis, W.J. Hunter et J.G.P.M. Smeets (dir. de publ.). Pergamon for the Commission of the European Communities, New York, NY. p. 443 (1976).

42. Mullen, E.D. et Ritter, J.A. Potable-water corrosion control. J. Am. Water Works Assoc., 66 : 473 (1974).

43. Coleman, R.L. Potential public health aspects of trace elements and drinking water quality. Ann. Okla. Acad. Sci., 5 : 57 (1976).

44. Bean, E.L. Quality goals for potable water. J. Am. Water Works Assoc., 60 : 1317 (1968).